·全-专结合专题研究·

基于Markov链的上海市枫林社区骨质疏松全人群防治工作的成本效果分析

苏瑾[1]，寿涓[2*]，顾文钦[3]，易春涛[4]，徐莉苹[1]，程莉莉[1]，丁宏娟[1]，周鹏[1]，吴颖华[1]，秦杰[1]，薛斌[1]，魏百川[1]，王谦[1]，彭燕[1]，程毅敏[1]，杨蓝[1]，卫洋洋[1]，王磊[1]，祁瑨麟[1]，邵迎[1]，蔡立明[1]

1 200030 上海市徐汇区枫林街道社区卫生服务中心
2 200032 上海市，复旦大学附属中山医院
3 200237 上海市徐汇区卫生事业管理发展中心
4 200030 上海市徐汇区卫生健康委员会监督所
*通信作者：寿涓，主任医师；E-mail：asyura55@126.com

【摘要】 **背景** 随着社区卫生服务综合改革的逐步深化，社区对全人群的单病种防治工作也在不断优化，但目前仍缺乏合适的方法来评价社区防治的成效。**目的** 通过分析2016—2022年度上海市徐汇区枫林街道社区卫生服务中心现有骨质疏松全人群防治措施的成本效果，探究社区单病种全人群防治的初步成效及可能存在的问题。**方法** 本研究以4 293例枫林社区2016-2022年度接受骨质疏松防治的社区居民为研究对象进行成本-效果分析。根据骨密度值将研究对象划分为三种状态：健康、低骨量、骨质疏松，以此构建Markov模型，分析不同状态转移的影响因素，并依据Markov模型预测值结合质量调整生命年（QALY）计算QALY增量，统计2016—2022年防治工作投入的所有成本，以成本/QALY增量比来评价防治效果，通过文献检索确定的健康效用值和期望寿命计算求得QALY。**结果** 枫林社区骨质疏松防治总成本为33 814 102.15元。第一次诊断时社区骨质疏松防治人群的总QALY为77 098.288 9，人均均值为17.959，标准差为9.34；第二次诊断时防治人群的总QALY为79 616.936 1，人均均值为18.546，标准差为9.342，两次诊断QALY的差值为2 518.647 2。增量成本效果比（ICER）为2 132.907 0元/QALY，ICER值小于1倍（66 965.10元）人均GDP，表明干预方案完全具有成本效果。**结论** 本研究结合Markov模型及质量调整生命年（QALY）对枫林持续接受骨质疏松随访管理的人群的防治效果进行了初步评价，结果显示枫林社区的骨质疏松防治干预方案是值得投入的，为后续骨质疏松的精准防治决策提供了一定的依据。

【关键词】 骨质疏松；社区单病种；防治；成本效果分析；马尔科夫模型
【中图分类号】 R 681 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0420.

Cost Effectiveness Analysis of the Prevention and Treatment of Osteoporosis Among the Entire Population in Fenglin Community，Shanghai based on Markov Chain

SU Jin[1]，*SHOU Juan*[2*]，*GU Wenqin*[3]，*YI Chuntao*[4]，*XU Liping*[1]，*CHENG Lili*[1]，*DING Hongjuan*[1]，*ZHOU Peng*[1]，*WU Yinghua*[1]，*QIN Jie*[1]，*XUE Bin*[1]，*WEI Baichuan*[1]，*WANG Qian*[1]，*PENG Yan*[1]，*CHENG Yimin*[1]，*YANG Lan*[1]，*WEI Yangyang*[1]，*WANG Lei*[1]，*QI Jinlin*[1]，*SHAO Ying*[1]，*CAI Liming*[1]

1.Shanghai Community Health Service Center，Fenglin Street，Xuhui District，Shanghai 200030，China
2.Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University，Shanghai 200032，China
3.Shanghai Xuhui District Health Management and Development Center，Shanghai 200237，China
4.Shanghai Xuhui District Health Commission Supervision Office，Shanghai 200030，China
**Corresponding author：Shou-Juan，Chief physician；E-mail：asyura55@126.com*

基金项目：上海市徐汇区医学科技项目（SHXH202019）；上海市徐汇区高原学科建设（SHXHZDXK202325）；上海市徐汇区科委重大项目（SHXH202203）

引用本文：苏瑾，寿涓，顾文钦，等.基于Markov链的上海市枫林社区骨质疏松全人群防治工作的成本效果分析［J］.中国全科医学，2024.［Epub ahead of print］.DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0420.［www.chinagp.net］

SU J，SHOU J，GU W Q，et al. Cost Effectiveness Analysis of the prevention and treatment of qsteoporosis among the entire population in Fenglin Community，Shanghai based on Markov chain.［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.

© Editorial Office of Chinese General Practice. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

【Abstract】 **Background** With the gradual deepening of the comprehensive reform of community health services，the prevention and control of single diseases for the entire population in the community is also constantly being optimized，However，there is still a lack of appropriate evaluation methods in the community to reflect its prevention and control effectiveness evaluation. **Objective** By analyzing and exploring the cost effect of the existing whole-population prevention and control measures of osteoporosis in Fenglin community，from2016 to 2022，this paper answers the initial results and possible problems of the whole-population prevention and control of single disease in the community. **Methods** This study conducted a cost-effectiveness analysis on 4293 community residents who received osteoporosis prevention and treatment in Fenglin Community from 2016 to 2022. Divide the research object into three states based on bone density values: healthy，low bone mass，and osteoporosis，and construct a Markov model to analyze the influencing factors of different state transitions. And based on the predicted values of the Markov model combined with quality adjusted life years （QALY），the increment of quality adjusted life years （QALY） is calculated. All costs invested in prevention and control work from 2016 to 2022 are counted，and the effectiveness of prevention and control is evaluated by the cost/quality adjusted life year increment ratio. Quality adjusted life years （QALY） are obtained by calculating the health utility value and expected life determined through literature search. **Results** The total cost of osteoporosis prevention and treatment in Fenglin community was 33，814，102.15 yuan. The total quality-adjusted life years of 4293 community osteoporosis prevention and treatment population were 77098.2889 at the first diagnosis，the average per capita was 17.959，and the standard deviation was 9.34. At the second diagnosis，the total quality-adjusted life years were 79616.9361，the mean per capita was 18.546，the standard deviation was 9.342，and the difference between the two diagnoses was 2，518.6472. The incremental cost-effectiveness ratio （ICER） is 2，132.9070 yuan /QALY，and the incremental cost-effectiveness ratio （ICER） is less than 1 times （66，965.10 yuan） per capita GDP，indicating that the intervention scheme is fully cost-effective. **Conclusion** This study combined Markov model and quality-adjusted life years （QALY） to make a preliminary evaluation of the prevention and treatment effect of osteoporosis in Fenglin community. The results showed that the intervention program of osteoporosis prevention and treatment in Fenglin community was worth investing， and provided a certain basis for the accurate prevention and treatment decision of osteoporosis in the future.

【Key words】 Osteoporosis；Community single disease；Prevention and cure；Cost-effectiveness analysis；Markov model

作为国民健康的“守卫者”，基层社区卫生服务中心在慢病管理和防治中发挥着至关重要的作用。骨质疏松是严重危害老年人健康的常见慢性病，据估计截至2020年底我国罹患骨质疏松（Osteoporosis，OP）的人群增至2.866亿[1]，其中骨质疏松性骨折的患者占10.0%以上[2]，且65岁以上老人的OP患病率高达32.0%。虽然基层社区正在逐步开展OP防治工作，但尚缺乏与社区人群OP罹患状态及未来发展趋势相关的研究，因此需要有效的工具来进一步探索社区防治现状和预测未来趋势。

多状态Markov模型[3]既能用于描述当下状态，也能用来预测未来状态，可作为处理慢性病多状态资料的工具，也可测量某种干预所产生的状态变化总量，并能够将状态变化进一步折算成效用或效益，计算投入产出比。基于此，本研究以枫林社区2016-2022年度在自然状态下推进的社区OP全人群防治工作为例，通过构建社区OP防治人群的Markov模型，计算防治过程中投入的成本以及所带来的质量调整生命年（quality adjusted life years，QALY）[4]的产出，进行OP全人群防治的成本-效用分析，来评价社区卫生某单病种防治服务的实际成效，为当前社区卫生服务单病种防治工作的开展提供参考和借鉴，为针对OP的精准防治提供改进方向。

1 对象与方法

1.1 研究对象

研究者选取2016年5月至2022年8月间上海市徐汇区枫林街道社区卫生服务中心OP专病数据库中记录的不同骨密度人群为研究对象。纳入标准：（1）纳入病例临床数据符合WHO原发性OP的诊断标准[5]；（2）55~80岁；（3）所纳入病例与其主要照护者认知能力均正常；（4）自愿参与、接受治疗方案，并签署知情同意书。排除标准：（1）有严重心血管或呼吸系统疾病史，合并心、脑、肾等脏器急性疾病；（2）近期参与过其它类似研究；（3）有精神疾病或因故无法完成实验；（4）有严重躯体疾病如恶性肿瘤。根据以上纳排标准，最终共计筛选出4 293例研究对象。本研究已通过上海临床研究伦理委员会伦理学审查（伦审号SECCR/2021-35-01）。

1.2 研究方法

1.2.1 数据收集：社区全科医生及专病医生以社区为单位开展宣传，招募研究对象，向拟入组对象告知注意事项并指导其签署知情同意书，进行专病管理数据整理汇

总（在此期间进行第一次诊断），随后对其进行持续随访（在此期间进行第二次诊断）。研究数据来源主要分为两类，一类为医院信息系统（Hospital Information System，HIS）可详尽记录的服务及与之相对应的数据，据此可统计研究对象使用过的所有药物名称与数量、检测名称与数量、门诊转诊名称和数量等数据；一类为未在 HIS 中记录但确系向收治对象提供过的各类服务及与之相对应的数据（其数据出自上海市徐汇区枫林街道社区卫生服务中心 OP 服务记录册），据此可统计服务主题、服务对象、每次执行人、服务起止时间等数据[6]。

1.2.2 模型构建：对本社区 OP 防治对象不同骨密度人群进行回顾性研究，根据骨密度测量值来划分骨密度状态[5]，将骨密度状态分为三种：健康（S1）、低骨量（S2）、OP（S3）[7-10]。通过比较两次诊断结果计算状态转移概率，构建各状态间的转移频数和概率矩阵，并结合初始分布（根据首次骨密度的人数合计 4 293 人进行计算）对未来 30 年枫林社区不同骨密度人群的概率分布进行预测及分析多状态转移的影响因素（根据连续两次骨密度测量的人数合计 362 人次数据进行计算）。

1.2.3 成本分析：成本参数采用医疗服务成本［11］来统计，“成本”指 2016-05—2022-08 间 OP 防治环节真正投入使用的直接成本。根据枫林社区实际防治情况，此次需要支出成本的项目有：（1）门诊总费用（挂号、处方等）；（2）门诊诊疗费（检测等）；（3）住院费；（4）化验费；（5）药品费；（5）枫骨俱乐部人工成本。其中门诊总费用、门诊诊疗费、住院费和化验费通过 HIS 获取；药品费总成本依据 2016~2019 年总药品费的均值（612 030.3 元）× 时间（2016—05 至 2022—08）获取；枫骨俱乐部人工成本为枫林社区进行 OP 防治健康宣教投入人力所花费成本，计算方式为：每年宣教次数 × 人数 × 平均工资（3000 元 / 人）。

1.2.4 效果分析：本研究效用参数采用 QALY 来统计，通过计算干预前后总的 QALY 产出变化，以评价社区卫生服务大面积、广范围、长周期的干预是否产生了可观的成效及尚存哪些问题。QALY 的计算公式如下[4，7，12-14]：QALY= 期望寿命 × 健康效用值。

本研究中的期望寿命引用了参考文献[14]中的期望寿命值数据，分别为 20~（63.36）、25~（58.36）、30~（53.36）、40~（43.59）、45~（38.81）、50~（34.01）、55~（29.41）、60~（24.84）、65~（20.3）、70~（16.26）、75~（12.33）、80~（9.43）、85~（6.67），85 岁及以上（占比 7.2%）年龄段期望寿命均设置为 6.67。

本研究的健康效用值通过参考文献［15-18］确定，选取文献中年龄段人数最多的效用值进行下一步计算，最终四种状态［包括健康、低骨量、OP（骨折）、死亡］的健康效用值分别为：1[15]、0.89[16]、0.84[17]、0[18]。骨密度状态评价：经过连续的双能 X 线吸收检测法测量骨密度值的 362 例防治对象使用实际测量值；而无连续测量值的 3 931 例防治对象，其骨密度状态是根据上述 362 例防治对象建立的 Markov 模型推算而来。

1.2.5 成本效果评价：对于成本效果计算结果，使用 WHO 的增量成本效果比（ICER）进行评判（2010 年版）[19]，其表示在干预下每多获得单位效用所增加的成本。在本研究中，ICER= 增量成本 /QALY，反映延长患者一定质量的生存时间所需的额外支出。WHO 推荐：当 ICER<1 倍人均 GDP 时，新的治疗方式增加的成本是非常值得的；当 ICER<3 倍人均 GDP 时，增加的成本可以接受的；当 ICER>3 倍人均 GDP，成本投入过大，则防治工作是需要考虑的。

1.2.6 单变量敏感度分析：为探究不同参数对增量成本效用比值的影响，应用单变量敏感度分析的方法比较 5 个参数，用龙卷风图展示结果，当某个参数在其范围内波动时，保持其他参数不变。

1.3 统计学方法

调查对象的基线特征及诊断结果用频数及构成比进行描述，此部分的基础统计在 SPSS 25.0、Excel 2016 软件中实现。多状态 Markov 模型的构建、转移强度和转移概率、平均逗留时间均在 *R* 4.1.2 软件中的“msm”软件包中完成，影响因素分析时对分类变量设置哑变量，各变量对状态间转移强度的影响采用 *HR*（hazard ratio）值（95%*CI*）表示。双侧检验，检验水准 α =0.05，以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

本次研究对象整体年龄为（68.4 ± 11.8）岁，以 60 ~ 70 岁居多（占 53.5%），体质量（62.08 ± 14.52）kg，身高（157.8 ± 16.7）cm，BMI 在正常范围的共 1 986 例（46.0%），其次为超重，共 1585 例（37.0%）；性别以女性为主，占总研究对象的 66.3%，绝经年龄为（50.1 ± 2.6）岁，具体人口统计学特征如表 1 所示。

2.2 多状态 Markov 模型

2.2.1 Markov 模型转移概率矩阵：根据骨密度诊断结果来划分骨密度状态[5]，将骨密度状态分为三种：健康（S1）、低骨量（S2）、OP（S3）[7-10]。通过比较两次诊断结果计算状态转移概率，构建各状态间的转移概率矩阵。骨密度各状态的转移频数矩阵如表 2 所示，各状态的转移概率矩阵如表 3 所示。在一个周期（即以一年为循环周期）内，健康转换为低骨量的概率为 8.5%，低骨量转化为健康概率为 16.4%，低骨量转化为 OP 概率为 17.9%，OP 转化为低骨量的概率为 24.9%；在一个周期内，健康状态和 OP 状态不会发生相互转换。社区



骨质疏松防治人群不同骨密度状态的转换概率见图 1。

表 1　调查对象人口统计学特征

Table 1　Demographic characteristics of the respondents

项目	人数（人）	百分比（%）	项目	人数（人）	百分比（%）
性别			年龄段		
男	1 110	28.1	85~	308	7.2
女	2 845	71.9	80~	439	10.2
是否腰背疼痛或全身骨痛			75~	486	11.3
否	1 493	38.4	70~	775	18.1
是	2 392	61.6	65~	970	22.6
有无脆性骨折史			60~	549	12.8
否	3 024	77.8	55~	320	7.5
是	861	22.2	50~	159	3.7
是否明显变矮			45~	98	2.3
否	3 049	78.5	40~	80	1.9
是	836	21.5	35~	50	1.2
是否驼背			30~	26	0.6
否	3 419	88.0	25~	23	0.5
是	466	12.0	20~	10	0.2
首次诊断结果			第二次诊断结果		
健康	671	15.6	健康	39	10.8
低骨量	2 038	47.5	低骨量	143	39.5
骨质疏松	1584	36.9	骨质疏松	180	49.7

表 2　社区骨质疏松防治人群不同骨密度状态转移频数矩阵

Table 2　State transfer frequency matrix of different bone mineral density in community

osteoporosis prevention and treatment population

随访间隔年度	骨密度状态	健康	低骨量	骨质疏松
1	健康	6	0	0
	低骨量	2	49	8
	骨质疏松	0	20	100
2	健康	9	0	0
	低骨量	6	22	5
	骨质疏松	0	10	41
3	健康	3	0	0
	低骨量	1	7	0
	骨质疏松	0	1	17
4	健康	3	2	0
	低骨量	2	10	1
	骨质疏松	0	10	2
5	健康	5	0	0
	低骨量	2	8	2
	骨质疏松	0	2	3
6	健康	0	0	0
	低骨量	0	2	0
	骨质疏松	0	0	1

表 3　社区骨质疏松防治人群不同骨密度状态转移概率矩阵

Table 3　Probability matrix of different BMD state transition in community osteoporosis control population

状态间转移概率	健康	低骨量	骨质疏松
健康	0.915	0.085	0.000
低骨量	0.164	0.656	0.179
骨质疏松	0.000	0.249	0.751

2.2.2　未来 30 年不同骨密度状态概率分布预测：依据 2.2.1 中的不同状态的转移概率，结合初始分布（根据首次骨密度的人数合计 4 293 人进行计算）探究未来 30 年可能出现的各状态概率分布情况。表 4 体现出从首次诊断之后的30年中骨密度在各状态所占比例变化情况，其中健康状态概率为 0.527，低骨量状态概率为 0.274，OP 状态概率为 0.199。随着时间的推移，未来 30 年间低骨量和 OP 状态人群所占比例将有所减少，健康状态所占比例有所增加，但概率最终趋于稳定，骨密度的变化趋势见图 2。

2.2.3　社区 OP 防治人群不同骨密度状态转移的影响因素分析：剔除 BMI 及疾病史空值 5 例，以 BMI、年龄、

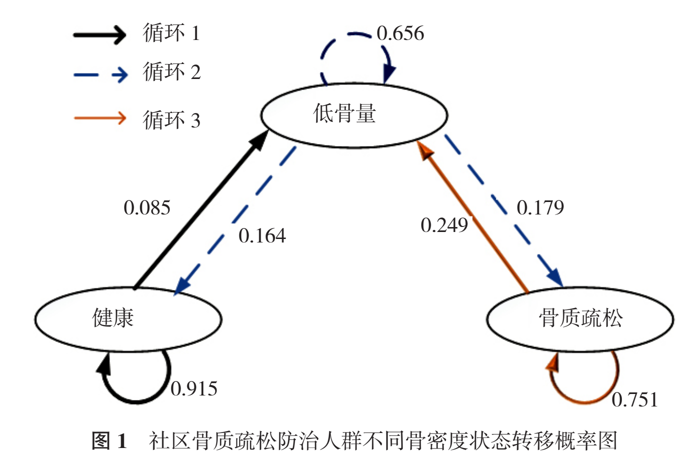


图 1　社区骨质疏松防治人群不同骨密度状态转移概率图

Figure 1　Probability of different BMD state transition in community osteoporosis control population

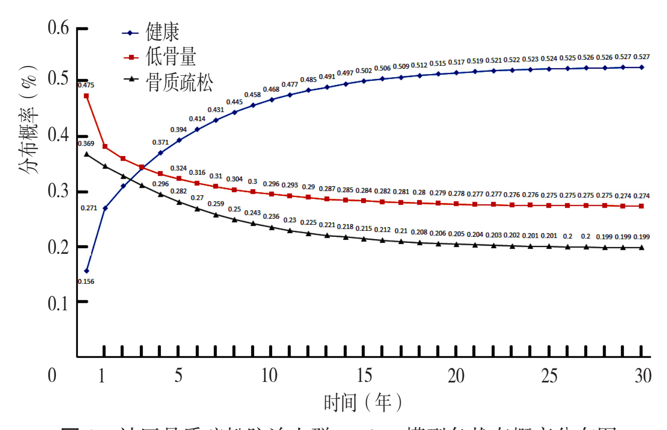


图 2　社区骨质疏松防治人群 Markov 模型各状态概率分布图

Figure 2　The state probability distribution of community osteoporosis prevention and control population by Markov model

表 4 未来 30 年骨密度状态分布概率

Table 4 Probability of bone mineral density state distribution over the next 30 years

时间（年）	健康	低骨量	骨质疏松
0	0.156	0.475	0.369
1	0.271	0.382	0.347
2	0.311	0.360	0.329
3	0.344	0.345	0.312
4	0.371	0.333	0.296
5	0.394	0.324	0.282
6	0.414	0.316	0.270
7	0.431	0.310	0.259
8	0.445	0.304	0.250
9	0.458	0.300	0.243
10	0.468	0.296	0.236
11	0.477	0.293	0.230
12	0.485	0.290	0.225
13	0.491	0.287	0.221
14	0.497	0.285	0.218
15	0.502	0.284	0.215
16	0.506	0.282	0.212
17	0.509	0.281	0.210
18	0.512	0.280	0.208
19	0.515	0.279	0.206
20	0.517	0.278	0.205
21	0.519	0.277	0.204
22	0.521	0.277	0.203
23	0.522	0.276	0.202
24	0.523	0.276	0.201
25	0.524	0.275	0.201
26	0.525	0.275	0.200
27	0.526	0.275	0.200
28	0.526	0.275	0.199
29	0.527	0.274	0.199
30	0.527	0.274	0.199

性别、是否腰背疼痛或全身骨痛、有无脆性骨折史、是否明显变矮和是否驼背为自变量，以不同的状态转移（S1→S2，S2→S1，S2→S3，S3→S2）为因变量，以女、无腰背疼痛或全身骨痛、无脆性骨折史、无明显变矮、无驼背为各分类自变量的对照，拟合 msm 模型估计不同状态转换的风险（HR）从而进行影响因素分析。表 5 仅表示相邻骨密度状态转移，结果显示，BMI、年龄、性别和是否明显变矮是 OP 防治人群骨密度状态转移的影响因素（P 值均 <0.05）。与 BMI 较低的患者相比，BMI 趋于正常的患者 S2→S1 的转移强度较高；与年龄较小的患者相比，年龄越大的患者 S3→S2 的转移强度较低；与女性相比，男性 S2→S1 的转移程度较高；与未明显变矮的患者相比，明显变矮的患者 S1→S2 的转移程度较高（表 5）。

2.3 成本投入与 QALY 产出分析

2.3.1 投入的成本总额与分布：枫林社区 OP 防治总成本为 33 814 102.15 元，其中门诊总费用成本为 14 464 180.49 元，门诊诊疗费用成本为 6 681 264.20 元，住院总成本为 8 485 958.69 元，化验费总成本为 129 575.00 元，药品费总成本为 3 828 123.77 元，人工总成本为 225 000.0 元，其中门诊总费用成本占比最高，为 42%，共管理防治对象 4 293 例，其中 OP 患者 1 584 例，低骨量人群 2 038 例，健康人群 671 例，详见表 6。

2.3.2 产出的 QALY：根据表 4 计算 4 293 例研究对象的 QALY。第一次诊断出 4 293 例社区 OP 防治人群的总 QALY 为 77 098.288 9，人均均值为 17.959，标准差为 9.34；根据第二次诊断收集到的 362 例研究对象数据建立 Markov 模型，预测其干预后的诊断结果，进行 QALY 的计算，计算得出总 QALY 为 79 616.936 1，人均均值为 18.546，标准差为 9.342，两次诊断 QALY 的差值为 2 518.6472。

2.3.3 投入产出比：成本部分以总成本的年平均值，按照 2016~2022 年 6 个年份计算，以确保对成本的充分估计，则社区 OP 防治人群每年在干预方案上的耗费为 5 372 040.308 元，一年跟踪期带来的社区人群 OP 防治结果是 QALY 增加 2 518.6472。

进一步测算 ICER：ICER=$\Delta C/\Delta E$=5 372 040.308/2 518.647 2=2 132.907 0 元 /QALY。2016 年 ~2021 年期间我国人均 GDP 平均值为 66 965.10 元（2016 年 53 783 元；2017 年 59 592.25 元；2018 年 65 533.74 元；2019 年 70 077.69 元；2020 年 71 828.15 元；2021 年 80 975.79 元），ICER 值小于 1 倍（66 965.10 元）人均 GDP，干预方案完全具有成本效果。

2.3.4 单因素敏感性分析：单变量敏感性分析结果见图 3。研究指标 ICER 对于健康到低骨量的转移概率最为敏感，接下来依次为低骨量到健康的转移概率和低骨量到 OP 的转移概率，CPI 取值的敏感性最弱。同时，不管参数如何变化，整体始终小于 1 倍（66 965.10 元）人均 GDP，即社区 OP 防治始终具有成本效用，由此可见确定性分析结果较为稳健。

3 讨论

3.1 基层社区防治评价工具现状

我国现尚缺合适的评价基层社区防治成果的有效工具，其发展受到了多种因素的制约：（1）干预模式的不同，与传统的干预模式相比，社区针对全人群防治，改变的是整个人群的状态，传统的对照试验难以测量出社区防治的效果；（2）结构不同，社区防治工作覆盖范围较为宽泛，包括社区动员、筛查、诊断、干预、随访等环节，



表 5　社区骨质疏松防治人群不同骨密度状态转移的多因素分析［*HR*（95%*CI*）］
Table 5　Multivariate analysis of different bone mineral density state transfer in community osteoporosis control population

变量	S1→S2	S2→S1	S2→S3	S3→S2
BMI	0.732（0.345，1.551）	1.264（1.056，1.513）[a]	0.994（0.828，1.193）	1.04（0.970，1.116）
年龄	1.018（0.918，1.121）	1.01（0.952，1.072）	0.995（0.940，1.054）	0.945（0.906，0.986）[a]
性别（对照：女）	1.065（0.058，19.417）	3.442（1.075，11.016）[a]	0.659（0.179，2.426）	0.588（0.143，2.421）
是否腰背疼痛或全身骨痛（对照：无腰背疼痛或全身骨痛）	2.301（0.129，41.036）	0.351（0.102，1.204）	0.42（0.125，1.408）	0.736（0.357，1.514）
有无脆性骨折史（对照：无脆性骨折史）	0.605（-0.113，1.123）	0.043（-0.001，8.455）	1.224（0.364，4.114）	1.103（0.542，2.244）
是否明显变矮（对照：无明显变矮）	0.314（0.008，0.712）[a]	0.293（0.003，3.282）	2.222（0.403，1.226）	1.373（0.617，3.055）
是否驼背（对照：无驼背）	0.331（-0.658，1.670）	3.357（0.414，2.722）	2.077（0.324，13.333）	0.751（0.422，2.329）

注：S1~S3 分别代表健康、低骨量和 OP；[a] 表示 $P<0.05$

表 6　社区骨质疏松防治总成本（单位：元）
Table 6　Total cost of osteoporosis prevention and treatment in the community

年份	门诊总费用	门诊诊疗费	住院费	化验费	药品费	人工成本
2016 年	2 700 799.30	1 064 081.33	95 036.98	1 140.00	3 828 123.77	18 000.00
2017 年	1 704 195.91	708 693.63	385 442.86	12 600.00		52 500.00
2018 年	1 756 943.43	746 943.78	402 038.06	13 305.00		60 000.00
2019 年	2 261 160.84	1 161 159.06	430 960.75	13 635.00		36 000.00
2020 年	2 476 586.33	1 169 471.88	2 967 879.37	45 230.00		15 000.00
2021 年	2 381 951.39	1 273 373.56	2 953 956.47	32 020.00		36 000.00
2022 年	1 182 543.29	557 540.96	1 250 644.20	11 645.00		7 500.00
合计	14 464 180.49	6 681 264.20	8 485 958.69	129 575.00	3 828 123.77	225 000.00

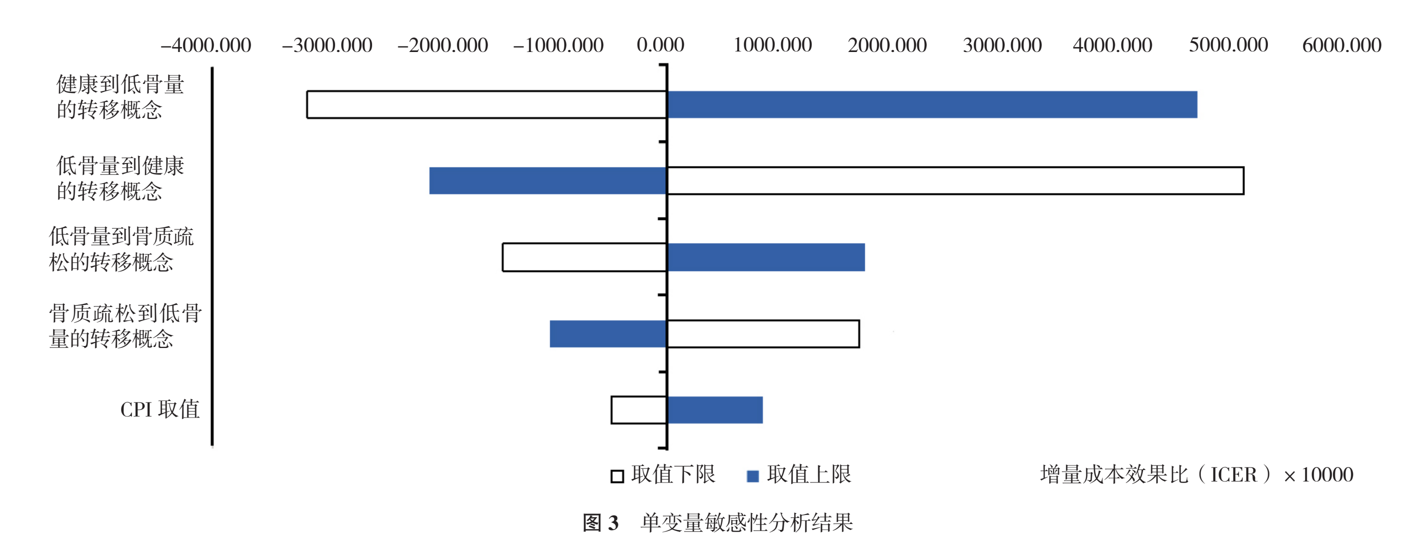


图 3　单变量敏感性分析结果
Figure 3　Univariate sensitivity analysis results

需形成闭环管理体系，其过程中的人力、物力和财力结构与传统医疗不同，不少环节没有设置明确的收费标准[20]；（3）面对的社区人群初始疾病状态、过程干预方案、干预进程中停留时间和临床结局指标皆不同，因此传统的临床疗效分析思维也不再适合社区防治工作[6]。

Markov 模型是描述一类随机动态系统的模型，具有无后效性和稳定性，其在临床疗效评价、筛查试验的评价、疾病预后因素的研究等领域广泛应用。20 世纪 80 年代，临床医学开始将 Markov 模型用于模拟慢性疾病的发展过程，20 世纪 90 年代后，逐渐应用到卫生经济学领域。冯鑫等[21]建立 Markov 经济学模型分析了阿伦磷酸钠预防绝经后妇女骨质疏松性骨折的成本－效用；SI 等[11]利用 Markov 经济学模型评估了采用不同手段对处于不同骨折状态下的虚拟患者进行干预的效果，都描述了 Markov 模型在骨骼疾病状态分析方面的应用情况。

目前社区所用技术大部分都是被验证过疗效和安全的成熟技术，当社区卫生机构将已被验证过的成熟技术

结合社区具体情况进行创新性组合应用时，面向社区人群的干预和管理的成效和评价指标应需要重新考量[22]，以此对社区防治效果进行精准评价。利用 Markov 模型则可以动态、准确地评价社区人群经社区卫生机构慢病管理后的疾病状态，预测系统变量的现在状态及其变化趋势，预测其在未来某一特定时间可能出现的状态，从而为决策提供依据，引导社区卫生服务精细化发展和竞争式发展，避免粗放地盲目推行或长期依赖于大量的过程性考核指标来驱动管理。

3.2 社区 OP 防治人群各状态及其影响因素分析

各状态的转移概率分析结果提示，接受 OP 防治的骨密度状态为健康的人群健康状态可维持在较高概率，相比纠正 OP 患者（转换为低骨量），防止健康人群和低骨量人群的向更差的状态转化能阻断更远期危害的发生，对低骨量人群进行合理干预能有效控制 OP，而健康人群也无法直接进入 OP 状态，其提示低骨量人群是社区 OP 防治工作的重点，但同时也应做好健康人群的管理。

本研究构建的 Markov 链模型及未来 30 年间各状态的构成比结果显示，在干预的状态下，社区人群中 OP 患者和低骨量患者越来越少，健康人群持续增长，意味着从长远期看相较于及时干预，不及时干预或不干预将会消耗更多医疗资源。因此未来社区全科医生及其团队应更早、更积极地投入到慢性疾病高危人群的防治上来。本研究结果表明 BMI、年龄、性别和是否明显变矮是骨质疏松患者不同状态转移的影响因素，与 BMI 趋于正常范围的患者相比，BMI 偏低的患者向健康状态转移的风险较低，向 OP 状态转移的风险较高；年长的患者从低骨量转移成 OP 状态的风险较高；女性从健康向低骨量状态转移的风险较男性高；明显变矮的患者从低骨量转健康较未明显变矮的患者转移风险较低，这提示社区卫生人员在开展 OP 防治工作时，应对偏瘦、年长的女性患者有所侧重。

3.3 投入成本效用分析

从 2.3.3 的投入产出比来看，本研究所在机构正在运行的社区 OP 防治干预方案对人群产生的 QALY 增加明显，相当于投入 5 372 040.308 元，产出 2 518.647 2 个 QALY，所产生的 ICER 2 132.907 0 元 /QALY 小于 1 倍人均 GDP，其可被判定为枫林社区的 OP 防治干预方案的干预方案完全具有成本效果，也即当前的 OP 防治干预方案是值得投入的。

本文存在局限性：在构建模型方面，本研究基于现有数据初步构建了本社区 OP 防治人群的 Markov 模型，但因初次骨密度值的 4 293 人研究对象中，仅 362 人有第二次骨密度测量数据，虽然在模拟自然状态下持续接受随访管理人群的防治效果时，有一定代表性和参考价值，但较少的样本量无疑影响了模拟全社区人群的精度。在计算投入成本方面，目前是将 2016–2022 年间所发生的所有成本投入总量进行测算，而未分解到每年，同时，由于 4 293 例防治对象是从 2016 年 5 月开始接受社区防治干预，为确保对成本的充分估计，研究根据 5 月后的数据计算出了平均年度投入，导致了数据的不准确。在进行效用分析方面，由于缺乏连续的数据，首先是仅计算到第二次诊断的状态，而不是与投入测算保持相同的时间段，因此在最终的处理上研究将投入和产出分别以年均来计量。按照目前的改善趋势，研究所用算法可能过于高估了产出部分，也即如果测算到 2022 年的人群健康效用值，按照 2017 年的趋势，枫林社区 OP 防治人群的 QALY 或许不会达到文中呈现的结果。其次，第二次诊断时年龄以第一次诊断的年龄情况进行计算，没有考虑人群在治疗期间的 QALY 可能发生的变化，即使是对第二次诊断值的测算，本研究所用到的第二次健康效用值也不全是基于健康状态测量值，有 3 931 例防治对象的健康状态使用了有第二次骨密度测量值的 362 例防治对象建立的 Markov 模型推算而来，一定程度上与真实世界存在着误差。未来更为合适的做法是做好患者的数据管理并基于完全相同的时间段来测算当年的投入和产出比，使得测算结果更加精确，更利于指导 OP 防治的后续决策。

4 小结

综上，虽然通过构建 Markov 模型，引入质量调整生命年 QALY，初步得到了社区开展 OP 防治的投入产出比结果。虽然本研究数据精度还有待进一步提升，数据管理还有待加强，但可以得出结论：对于社区 OP 防治，值得投入成本进行长期的推进和开展。

作者贡献：苏瑾提出研究目标，负责研究的构思与设计，研究的实施，论文起草与撰写；寿涓负责文章的质量与审校，对文章整体负责；顾文钦、易春涛负责监督管理骨质疏松防治工作的开展；徐莉苹、程莉莉、周鹏负责文献收集与整理；丁宏娟、卫洋洋负责数据统计分析，绘制图表；吴颖华、秦杰、薛斌、魏百川、王谦、彭燕、程毅敏、杨蓝负责研究的实施，数据收集与采集；王磊、祁瑨麟、邵迎、蔡立明负责数据清洗。

本文无利益冲突。

参考文献：

[1]《原发性骨质疏松症诊疗社区指导原则》编写组．原发性骨质疏松症社区诊疗指导原则［J］．中国全科医学，2019，22（10）：1125–1132. DOI：10.12114/j.issn.1007–9572.2019.00.116.

[2] 胡军，张华，牟青．骨质疏松症的流行病学趋势与防治进展［J］．临床荟萃，2011，26（8）：729–731.

[3] 刘迅，凌莉，王成，等. 多状态 Markov 模型在慢性肾脏病分级预后研究中的应用[J]. 第二军医大学学报，2009，30（7）：804-807. DOI：10.3724/SP.J.1008.2009.00804.
[4] 蒋新军，江华，李明子，等. 糖尿病患者教育成本效果分析[J]. 中国糖尿病杂志，2018，26（11）：964-968. DOI：10.3969/j.issn.1006-6187.2018.11.018.
[5] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南（2017）[J]. 中国骨质疏松杂志，2019，25（3）：281-309. DOI：10.3969/j.issn.1006-7108.2019.03.001.
[6] 周鹏，杨蓝，薛斌，等. 基于双向转诊模式构建社区骨质疏松症防治路径及其意义研究[J]. 中国全科医学，2020，23（5）：585-592. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.043.
[7] 李戈，张春林，蔡承骅，等. 骨质疏松症药物及健康教育干预策略的成本-效益研究[J]. 中国骨质疏松杂志，2006，12（3）：310-312，217. DOI：10.3969/j.issn.1006-7108.2006.03.030.
[8] 冯鑫，高颖，潘雪梅，等. 阿仑膦酸钠预防绝经后妇女骨质疏松性骨折的成本-效用分析[J]. 中国药房，2017，28（17）：2313-2318. DOI：10.6039/j.issn.1001-0408.2017.17.03.
[9] 苏晓清，黄乐松，杨洲，等. 阿仑膦酸钠的成本-效果分析[J]. 中国老年学杂志，2013，33（15）：3625-3628. DOI：10.3969/j.issn.1005-9202.2013.15.035.
[10] IGLESIAS C P，TORGERSON D J，BEARNE A，et al. The cost utility of bisphosphonate treatment in established osteoporosis[J]. QJM，2002，95（5）：305-311. DOI：10.1093/qjmed/95.5.305.
[11] SI L，WINZENBERG T M，JIANG Q，et al. Screening for and treatment of osteoporosis：construction and validation of a state-transition microsimulation cost-effectiveness model[J]. Osteoporos Int，2015，26（5）：1477-1489. DOI：10.1007/s00198-014-2999-4.
[12] 杨旦红，张伟东. 上海城郊社区高血压患者质量调整生命年及其影响因素研究[J]. 中国全科医学，2014，17（10）：1158-1160. DOI：10.3969/j.issn.1007-9572.2014.10.019.
[13] 徐迅，李凡，朱云霞，等. 社区规范化管理对慢性阻塞性肺疾病患者质量调整生命年的影响研究[J]. 中国全科医学，2013，16（9）：798-801. DOI：10.3969/j.issn.1007-9572.2013.07.026.
[14] 卞宏毅，郑英杰，曹佳燕. 2013 年上海市塘桥社区居民寿命表及去死因寿命表分析[J]. 健康教育与健康促进，2016，11（1）：52-57. DOI：10.16117/j.cnki.31-1974/r.201601017.
[15] 官海静，徐菲，刘国恩. 基于 EQ-5D 量表的质量调整生命年计算方法探讨[J]. 中国卫生经济，2015，34（10）：5-8. DOI：10.7664/CHE20151001.
[16] 王俊. 基于 Markov 模型的糖尿病患者行为干预经济学评价[D]. 合肥：安徽医科大学，2018.[知网]
[17] 周挺，官海静，刘国恩，等. 中国普通人群生命质量系统综述[J]. 中国卫生事业管理，2016，33（8）：621-623，630.
[18] BRAZIER J E，GREEN C，KANIS J A，et al. A systematic review of health state utility values for osteoporosis-related conditions[J]. Osteoporos Int，2002，13（10）：768-776. DOI：10.1007/s001980200107.
[19] World Health Organization. The CHOICE （Choosing Interventions that are Cost-Effective） project is a WHO initiative developed in 1998.[J]. 2014.
[20] 张丽芳，刘中元，林春梅，等. 我国社区卫生服务中心专科服务开展现状及发展策略[J]. 中国全科医学，2019，22（16）：1900-1903. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2019.00.284.
[21] 冯鑫，高颖，潘雪梅，等. 阿仑膦酸钠预防绝经后妇女骨质疏松性骨折的成本-效用分析[J]. 中国药房，2017，28（17）：2313-2318. DOI：10.6039/j.issn.1001-0408.2017.17.03.
[22] 沈福来，蔡雨阳，吴建平，等. 社区医疗服务产品属性分析与产品开发路径探索[J]. 中华全科医师杂志，2017，16（3）：174-178. DOI：10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2017.03.002.

（收稿日期：2023-08-03；修回日期：2024-03-26）
（本文编辑：程圣）